

3

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **05050211 A**

(43) Date of publication of application: **02.03.93**

(51) Int. Cl.

B22D 27/09

B22D 11/00

B22D 23/00

(21) Application number: **03233821**

(22) Date of filing: **22.08.91**

(71) Applicant: **LEOTEC:KK**

(72) Inventor: **MORITAKA MITSURU
SHINTANI SADAHIKO
TAKEBAYASHI KATSUHIRO
HACHIMAN SEIRO
YOSHIDA CHISATO**

(54) **METHOD FOR FORMING SEMI-SOLIDIFIED METAL**

(57) Abstract:

PURPOSE: To prevent the generation of macro segregation in cross section of a product by forming under condition of satisfying the specific range to mass solid-phase ratio and fluid speed of a material at the time of executing dieforge work and after that, holding under pressurizing.

CONSTITUTION: At the time of executing the die-forge

work to the metal becoming granular structure in solid-liquid coexistent temp. range, the mass solid-phase ratio in the raw material at the time of starting the work, is limited to 0.2-0.8. The fluid speed of material in filling fluid zone in a metallic mold is formed under condition of $\approx 3.5\text{m/S}$. This raw material is changed into the metallic mold and held under pressure at $\approx 6\text{kg/mm}^2$ pressurizing force and solidified. By this method, the product having good surface and internal quality is obtd.

COPYRIGHT: (C)1993,JPO&Japio

(10)日本国特許庁(J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-50211

(43)公開日 平成5年(1993)3月2日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	序内整理番号	F I	技術表示箇所
B 2 2 D 27/09	A	7011-4E		
11/00	R	7362-4E		
23/00	Z	8926-4E		

審査請求 未請求 請求項の数1(全 8 頁)

(21)出願番号	特願平3-233821	(71)出願人	390014432 株式会社レオテック 東京都港区西新橋1丁目7番2号
(22)出願日	平成3年(1991)8月22日	(72)発明者	森高 満 千葉県千葉市川崎町1番地 株式会社レオテック内
		(72)発明者	新谷 定彦 千葉県千葉市川崎町1番地 株式会社レオテック内
		(72)発明者	竹林 克浩 千葉県千葉市川崎町1番地 株式会社レオテック内
		(74)代理人	弁理士 杉村 稔秀 (外5名) 最終頁に続く

(54)【発明の名称】 半凝固金属の成形方法

(57)【要約】

【構成】 粒状組織になる金属を、半凝固状態でダイフォージ加工するに際し、加工開始時における素材の質量固相率：0.2～0.8、金型の充てん流動域における材料の流動速度：3.5 m/s 以上の条件下に成形し、ついで素材を金型内に充満したのち素材が完全に凝固するまで、6 kg/mm² 以上の加圧力で加圧保持する。

【効果】 固相と液相が均一に流動し、成品断面内でマクロ偏析を生じず、ひいては表面及び内部品質とも良好な成品を得ることができる。

図1 金型断面図



(a)



(b)



(c)

(2)

特開平5-50211

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 粒状組織になる金属を、その固液共存温度域にてダイフォージ加工するに際し、加工開始時における素材の質量固相率：0.2～0.8、金型の充てん流動域における材料の流動速度：3.5 m/s 以上の条件下に成形し、ついで素材を金型内に充満したのち素材が完全に凝固するまで、6 kg/mm² 以上の加圧力で加圧保持することを特徴とする半固体金属の成形方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、金属材料の金型による成形とくに固液共存温度域での半凝固金属を素材とするダイフォージ加工（ダイフォージング(die-forging)）ともいう）に関するものである。

【0002】

【従来の技術】金属材料の成形法としては種々の方法があるが、一般に構造部品の成形にはプレスによる鍛造などの成形法が広く用いられている。このプレス成形では従来、材料はその固相線以下の温度で加工され、形状が付与されていたが、かような成形法では、例えば複雑形状品や難加工性品を成形する場合に、材料に割れが生じ易く、また大きな加工荷重を必要としたり、複数の成形工程を必要とするなどの問題があった。従ってこれらの部品の形状付与のためには、成形品の特性は劣るとしても、例えば鍛造などの別の方法を採らざるを得ない場合があった。

【0003】上記の問題を解消するものとして、材料温度と型温度とがほぼ等しい状態で材料を特定の加工条件で成形する方法いわゆる恒温鍛造法が開発された。この恒温鍛造法は、難加工材の成形に際し、最終形状に仕上げるための機械加工コストを削減できること、加工荷重の低減などにも有効に寄与する。しかしながら上記の方法では、加工速度を極めて精度よく制御する必要があることから、設備が大がかりとなるとともに欠点を残していた。

【0004】上述したような問題点の解消や成形対象材の拡張を図るべく、金属を固相線と液相線との温度域すなわち固液共存温度域で加工する方法が、近年各方面で研究されている。その一例として、金属を固液共存温度域にて機械的方法などにより攪拌し、非デンドライト組織すなわち粒状組織としたのち一旦凝固させて加工用素材とし、その後、再度、固液共存温度域まで加熱して成形する方法が、米国特許第4771818号明細書に提示されている。

【0005】このような金属を固液共存温度域で加工する方法は、一般に、材料の流動性が良好なことから、加工に要する力が小さくて済み、難加工性材料や複雑形状部品の成形などに対して有利である。しかしながらかような加工法には、従来技術ではみられなかった問題も伴う。すなわち、金属を固液共存温度域で成形するため

2

に、成形過程で金型内に材料が充満する際、固相と液相とが不均一に流動し、その結果、成形終了時点で成品断面内に固相と液相の不均一分布すなわちマクロ偏析が生じることである。このような偏析を生じると成品断面が不均一組織ひいては成品の機械的性質が不均一となって実用上有害となる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】この発明は、上記の問題を有利に解決するもので、複雑形状の成品であっても成形終了時点で固相の良好な分散状態を維持でき、従って成品断面内でマクロ偏析ひいては不均一組織の発生がない、半凝固金属の有利な成形方法を提案することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】すなわちこの発明は、粒状組織になる金属を、その固液共存温度域にてダイフォージ加工するに際し、加工開始時における素材の質量固相率：0.2～0.8、金型の充てん流動域における材料の流動速度：3.5 m/s 以上の条件下に成形し、ついで素材を金型内に充満したのち素材が完全に凝固するまで、6 kg/mm² 以上の加圧力で加圧保持することからなる半固体金属の成形方法である。

【0008】以下、この発明の発明経緯について説明する。固液共存温度域では、少量の温度変化に対して、固相率などの材料の状態が敏感に変化する。そこで発明者らは、まず縦型油圧プレスにより、素材固相率を広範囲に変化させた金型成形実験を実施した。

【0009】固液共存温度域で機械的方法により回転攪拌した後、一旦常温まで冷却して凝固させたAl-4.5wt% Cu合金から切り出した直径：36mm、高さ：30mmの試験片を、固液共存温度域で材料の質量固相率（ f_s ）が0.95～0.2に対応する温度範囲に加熱した後、図1に示す金型で成形した。この場合、成形過程での固相と液相の挙動をできるだけ正確に調査するため、材料を金型内で加熱して成形時の材料温度と金型温度とを等しくし、成形中の金型との接触による温度降下を防止した。なお成形速度（ラム速度）は40mm/sである。また図中番号1は上金型、2は下金型、3は成品である。

【0010】上記のようにして成形したカップ状成品の固相と液相の挙動を定量的に把握するために、X線マクロ分析により、成品断面各部位のCuの濃度分布を測定した。ここに成形終了時に液相量が多い程、Cu濃度は高くなることから、このCu濃度分布によって成品断面内の偏析の程度を知ることができる。図2に、測定結果を示す。

【0011】図2から、成形時の材料質量固相率が0.6及び0.8では成品断面内でのCu濃度の差が大きいく、また材料質量固相率が0.90～0.95とかなり高くなると、断面内のCu濃度の差は小さくなるけれども、フランジ部(F)では依然としてCu濃度が高いことが判る。この点、

(3)

特開平5-50211

3

材料質量固相率が0.4~0.2と低くなると、流動性が向上するために、Cu濃度の差は小さくなっているが、断面各部位でのCu濃度は素材の濃度(4.5%)からの偏差が認められ、マクロ偏析は依然として解消されていない。

【0012】発明者らは、上記した実験結果を検討した結果、成形時の固相と液相の挙動に及ぼす要因の中でも、とくに影響が大きいものとして成形速度に注目し、次に慣型高速プレスを用いて高成形速度実験を実施した。実験に用いた試験片は図2の場合と同様のAl-4.5w%Cu粒状組織材であり、その寸法は直径：58mm、高さ：50mmである。図3に用いた金型を示す。なお金型は特に加熱を行わず、常温とした。図中、番号4、5はそれぞれ金型、6はラム、7は成品である。

【0013】図4(a)、(b)及び(c)にそれぞれ、試験片の加工開始時の質量固相率を0.6とし、ラム速度を2.5 m/sに上昇させて成形した場合のカップ状成品断面におけるフランジ部、側壁中央部及び底部の顕微鏡組織を示す。同図によれば、上記の条件下に成形加工を行った場合には、固相粒子がフランジ部先端まで均一に分布し、固相と液相とが均一に流動していることが判る。また図5に、成品断面各部位のCu濃度の化学分析値を示す。同図によれば、断面内でのCu濃度の差が極めて小さくなっているのが判る。

【0014】そこで発明者らは次に、ラム速度及び材料固相率をさらに変化させて成形実験を実施した。その結果、成形に際し、固相と液相を均一に流動させるラム速度は1 m/s以上であれば良いことが判った。ところで固液共存温度域での成形の場合、固相と液相の挙動に実際に強い影響を及ぼすのは金型内を通過する材料速度である。そこでこの点につき、さらに検討を重ねたところ、金型の充てん流動域(図3に示すカップ状金型では記号Aで示す領域が充てん流動域である)における材料の流動速度が3.5 m/s以上であれば固相と液相が均一に流動することが判明した。ここに材料の流動速度V、は次式で定義されるものである。

$$V_s = (A_s / A_c) \cdot V_r \quad \text{--- (1)}$$

ここでA_s：素材断面積

A_c：金型の充てん流動域における材料通過断面積

V_r：ラム速度

【0015】

【作用】前述したとおり、固液共存温度域での金属の成形の際に、固相と液相を均一に流動させ、成品断面内のマクロ偏析を防止するためには、金型の充てん流動域における材料の流動速度を3.5 m/s以上とすることが必要であるが、この理由は高材料速度にすると固相の移動速度が液相とほぼ同程度にまで上昇するからである。

【0016】発明者らによる固液共存温度域での広範な加工条件での圧縮試験の結果、Al合金だけでなく、銅合金や汎用金属とくに固液共存温度域での温度が最も高い銅においても同様の変動挙動を示すことが確認された。

4

従ってこれらの合金においても成形中の固相と液相の分離を防止するためには、成形金型の充てん流動域における材料の流動速度を3.5 m/s以上とすれば良い。しかしながら材料速度があまりに速くなりすぎると、金型合わせ面からの材料の不均一な流出や設備の大型化などをもたらすため、材料速度の上限は20 m/s程度とすることが望ましい。

【0017】なおこの発明は、材料速度を積極的に上昇させるためのゲートを有しないダイフォーミングのような成形金型を対象とするもので、ダイカストのように成形金型につながるゲートを有するものは、ゲート通過時に気泡の巻き込みが懸念されるのでこの発明の適用対象外とした。なおこの発明において、成形金型断面が一様でない場合には、金型の充てん流動域における最も広い断面における材料速度について、上記の範囲を満足させる必要がある。

【0018】この発明において、加工開始時における材料の質量固相率が0.8を超えると、材料の流動性が低下し、とくに高成形速度の場合には成形荷重の増大を招くだけでなく、金型内充満性や表面品質の低下を招くため、好ましくない。一方、材料質量固相率が0.2よりも小さくなると、一般に、このような低固相率に対応する温度と液相線の温度差が極めて小さくなることから、温度制御が困難となる。そこでこの発明では、加工開始時における材料の質量固相率は0.8~0.2の範囲に限定した。なお金属の固液共存温度域では、材料の固相率がおよそ0.5よりも小さくなると自重で形くずれしてハンドリングが難しくなるが、このような場合には、例えばセラミックスなどの容器内で材料を加熱して成形機に供するか、又は成形機に組込んだ例えばセラミックスなどの円筒形状の容器内で加熱してハンドリングなしに直接材料を金型へ送り込むことにより成形が可能となる。

【0019】成形時の金型温度については、金型温度が常温近辺と低い場合には、成形表面に微細クラックを生じるなど表面品質が劣化したり、また金型内への材料の充満性が低下するなどのおそれがある。従って金型は、50℃以上望ましくは100℃以上に加熱しておくことが好ましい。

【0020】ところでかくして金型内へ充満された金属材料中には、たとえば固液共存温度域での回転攪拌の際に巻き込まれた気泡や凝固過程での収縮による空隙が存在する。かかる気泡や空隙は、成品の機械的性質とくに引っ張り強さの著しい低下を招く。そこでこの発明では、素材を金型内に充満したのち、加圧処理を加えることによって上記した気泡や空隙を消滅させることとした。発明者らの研究によれば、気泡や空隙を害害がない程度まで消滅させるためには少なくとも6 kg/mm²の加圧力を必要とすることが究明された。そこでこの発明では、素材を金型内に充満したのち素材が完全に凝固するまで6 kg/mm²以上の加圧力で加圧保持することにしたの

5

である。

【0021】ところでダイフォーシングのような金型成形において、固液共存温度域での良好な流動性を活かすためには材料は粒状組織であることが必要であるが、このような粒状組織は、材料（金属）をその固液共存温度域で機械的又は電磁氣的に回転攪拌を与えるなどの方法によって実現しても良いし、またTiなどの結晶粒微細化剤を用いて粒状組織としても良いし、低温铸造によって粒状組織としても良い。さらに熱間加工により粒状組織とすることもできる。

【0022】なお発明者らは、金型成形実験により、典型的な凝固組織であるデンドライト組織をもつ金属は固液共存温度域では固相が粗大化して固液の流動が極めて不均一になることを確かめている。

【0023】以上、粒状組織をもつ半凝固金属として主に、一旦凝固させて粒状組織とした材料（金属）を、再度、固液共存温度域に加熱したものについて説明したが、この発明はこれだけに限るものではなく、前述したような方法によって固液共存状態とした材料（金属）をそのまま利用することもでき、この場合には粒状の固相と液相とが共存している状態で成形機に供給し、この発明に従う所定の条件下に処理すれば良い。

【0024】

【実施例】

実施例1

連続式半凝固金属製造装置で固液共存温度域で機械的に回転攪拌を与えた後、常温まで冷却、凝固させて粒状組織としたAl-4.5wt%Cu合金の塊片から切り出した直径：58mm、高さ：50mmの素材を、固液共存温度域の質量固相率 0.6に対応する温度（632℃）まで高周波加熱した後、120℃に予熱したカップ状金型（図3）を用い、金型の充てん流動域における材料の流動速度の最低値が4.5 m/s となるように速度設定したラムを迅速に作動させて成形した。

【0025】図6に、成形後の成品断面フランジ部、側壁中央部及び底部の顕微鏡写真を示したが、いずれの部位でも固相と液相がほぼ均一に分布している。また図7に、成品の断面内各部位のCu濃度の化学分析値を示したが、いずれの部位も素材のCu濃度（4.5wt%）からの偏差が小さく、表面及び内部品質ともに良好な成品が得られた。

【0026】実施例2

実施例1と同様にして作製した直径：58mm、高さ：50mmの素材を、固液共存域の質量固相率0.75に対応する温度（619℃）まで高周波加熱した後、120℃に予熱したカップ状金型（図3）を用い、金型の充てん流動域における材料の流動速度の最低値が7 m/s となるように速度設定したラムを迅速に作動させて成形した。

【0027】図8に、成形後の成品断面フランジ部、側壁中央部及び底部の顕微鏡写真を示したが、固相粒子は

(4)

特開平5-50211

6

フランジ部先端までほぼ均一に分布しており、高固相率の場合でも固相と液相がほぼ均一に流動していることが判る。

【0028】比較例1

実施例1と同様にして作製した直径：58mm、高さ：50mmの素材を、固液共存温度域の質量固相率 0.6に対応する温度（632℃）まで高周波加熱した後、250℃に予熱したカップ状金型（図3）を用い、金型の充てん流動域における材料の流動速度の最低値が0.9 m/s となるように速度設定したラムを迅速に作動させて成形した。成形後の成品断面について調査したところ、特にフランジ部において液相の偏在が認められ、断面内の各部位で固相と液相が均一に分布した成品は得られなかった。

【0029】実施例3

連続式半凝固金属製造装置で固液共存温度域で機械的に回転攪拌を与えた後、常温まで冷却、凝固させて粒状組織とした0.6wt%炭素鋼から切り出した直径：58mm、高さ：50mmの素材を、固液共存域の質量固相率 0.6に対応する温度（1458℃）まで高周波加熱した後、250℃に予熱したカップ状金型（図3）を用い、金型の充てん流動域における材料の流動速度の最低値が5.4 m/s となるように速度設定したラムを迅速に作動させて成形した。

【0030】図9に、成形後の成品断面フランジ部、側壁中央部及び底部の顕微鏡写真を示したが、いずれの部位でも固相と液相がほぼ均一に分布している。また図10に、成品の断面内各部位のC濃度の化学分析値を示したが、いずれの部位も素材のC濃度（0.6wt%）からの偏差が小さく、表面及び内部品質ともに良好な成品が得られた。

【0031】比較例2

実施例3と同様にして作製した直径：58mm、高さ：50mmの素材を、固液共存温度域の質量固相率 0.6に対応する温度（1458℃）まで高周波加熱した後、350℃に予熱したカップ状金型（図3）を用い、金型の充てん流動域における材料の流動速度の最低値が1.1 m/s となるように速度設定したラムを迅速に作動させて成形した。成形後の成品断面について調査したところ、特にフランジ部において液相の偏在が認められ、断面内の各部位で固相と液相が均一に分布した成品は得られなかった。

【0032】

【発明の効果】かくしてこの発明に従い、材料の質量固相率及び流動速度が所定の範囲を満足する条件下に成形し、その後加圧保持することにより、固液共存温度域での加工において、固相と液相が均一に流動し、成品断面内でマクロ偏析を生じず、ひいては表面及び内部品質とも良好な成品を得ることができる。従って、固液共存温度域での高い材料流動性や小さな必要加工力などの特徴を活かした成形が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】通常の成形金型の模式図である。

(5)

特開平5-50211

7

【図2】カップ状成品の断面各部位におけるCuの濃度を、質量百分率をパラメータとして示したグラフである。

【図3】この発明の実施に用いて好適な成形金型の模式図である。

【図4】カップ状成品断面におけるフランジ部、側壁中央部及び底部の顕微鏡金属組織写真である。

【図5】カップ状成品の断面各部位におけるCuの濃度を示したグラフである。

【図6】カップ状成品断面におけるフランジ部、側壁中央部及び底部の顕微鏡金属組織写真である。

【図7】カップ状成品の断面各部位におけるCuの濃度を示したグラフである。

【図8】カップ状成品断面におけるフランジ部、側壁中*

8

* 中央及び底部の顕微鏡金属組織写真である。

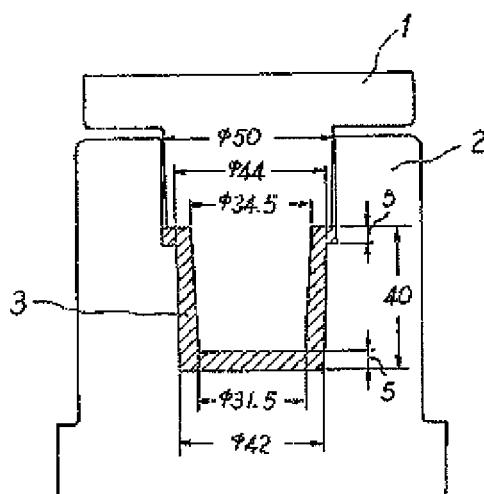
【図9】カップ状成品断面におけるフランジ部、側壁中央部及び底部の顕微鏡金属組織写真である。

【図10】カップ状成品の断面各部位におけるCの濃度を示したグラフである。

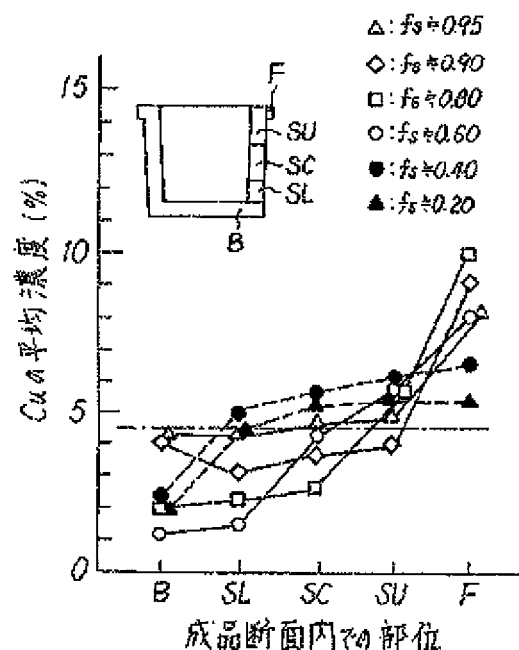
【符号の説明】

- 1 上金型
- 2 下金型
- 3 成品
- 10 金型
- 5 金型
- 6 ラム
- 7 成品

【図1】



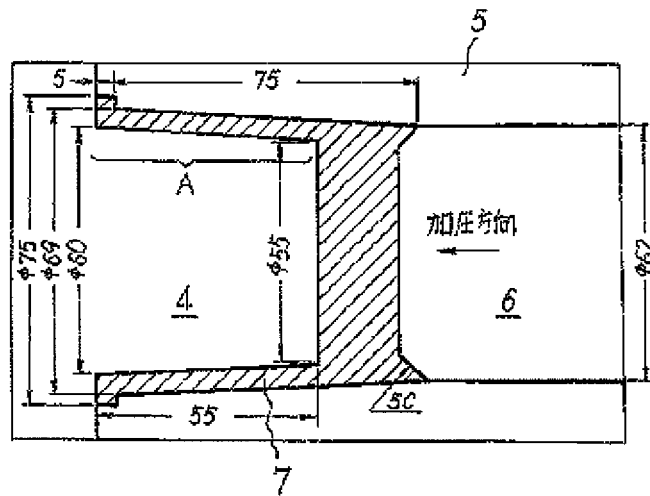
【図2】



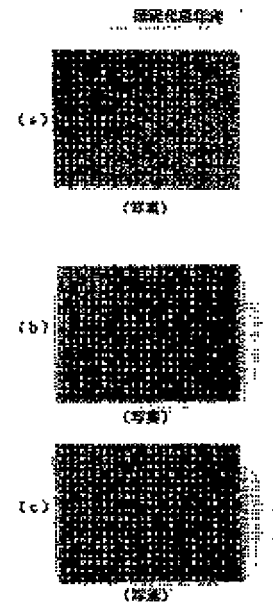
(5)

特開平5-50211

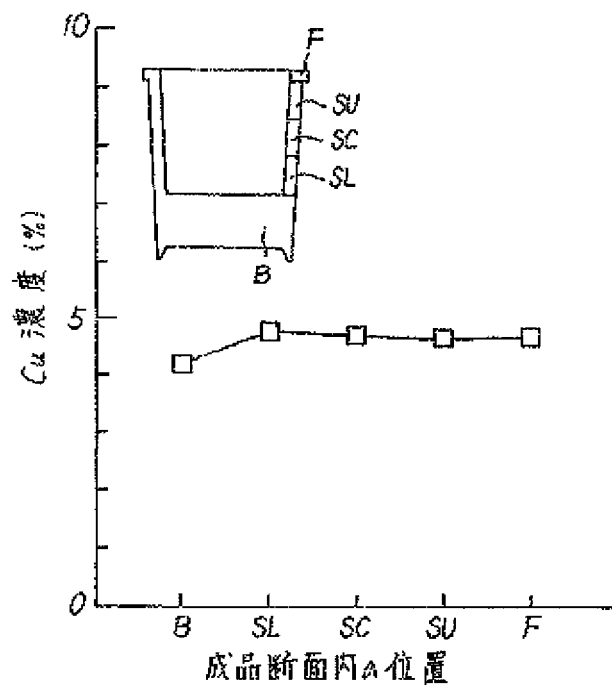
【図3】



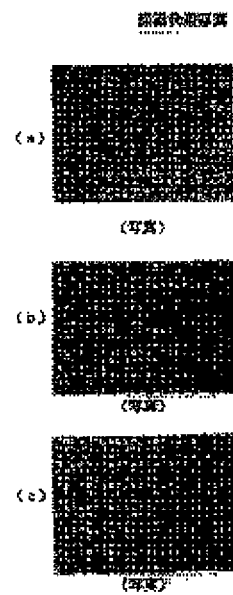
【図4】



【図5】



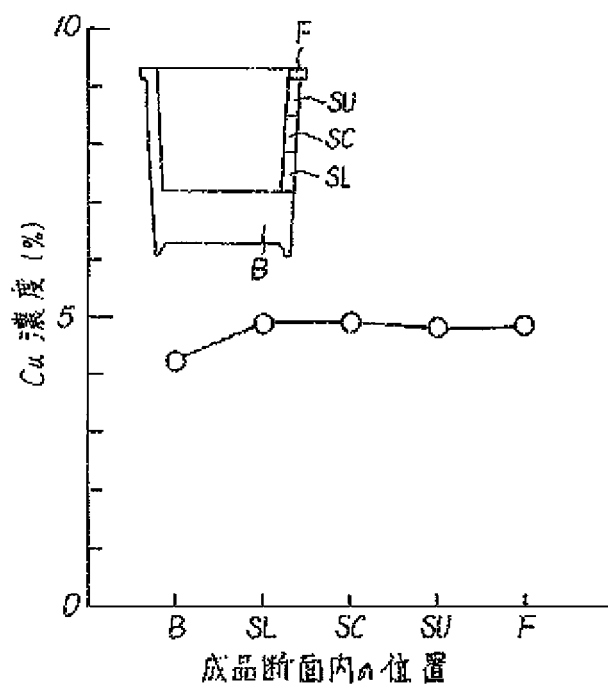
【図6】



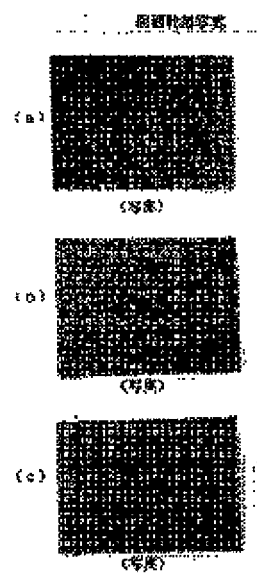
(7)

特開平5-50211

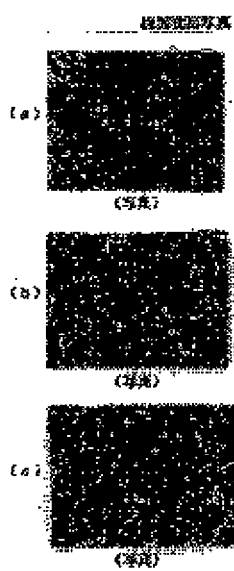
【図7】



【図8】



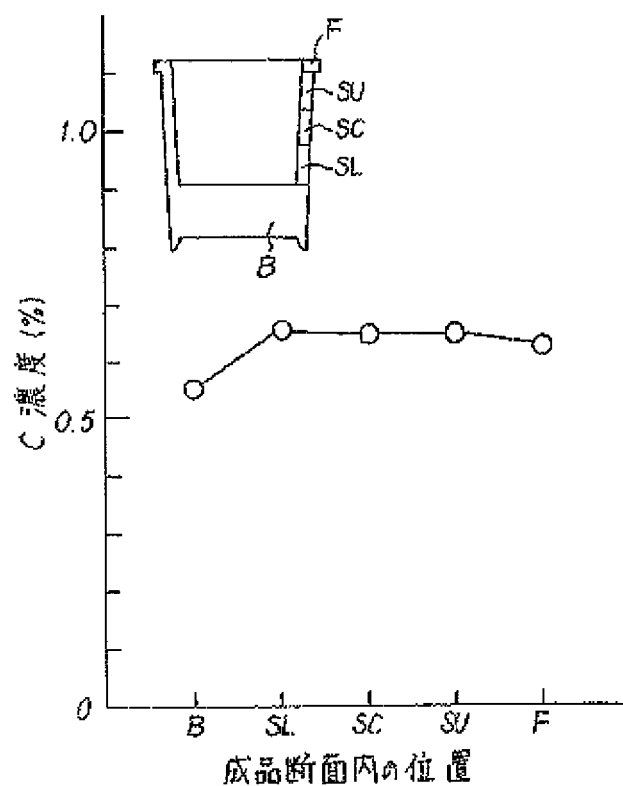
【図9】



(8)

特開平5-50211

【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 八幡 誠朗
千葉県千葉市川崎町1番地 株式会社レオ
テック内

(72)発明者 吉田 千星
千葉県千葉市川崎町1番地 株式会社レオ
テック内